

分割母集団 GA における移住間隔の最適化

Optimum Migration Interval in Multiple-Population Genetic Algorithms

畠中一 幸 (知的システムデザイン研究室)

Kazuyuki HATANAKA (Intelligent System Design Laboratory)

Key Words: Genetic Algorithms, Optimization, Distributed Model, Migration Interval

1 はじめに

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms: GA) は、生物の適応進化を工学的にモデル化した確率的最適化法である [1]。分割母集団 GA (Multiple-Population Genetic Algorithms: MPGA) は、単一母集団 GA と比較して解の品質が向上すると報告されている [2], [3]。その原因は、分割母集団において解の多様性が保持され、ビルディングブロックの移住によって、より良い解が生成されるためであることが判明した [3]。しかしながら、分割母集団 GA において新しく増えた移住に関するパラメータについて、議論された論文はほとんど見られない。本研究では分割母集団 GA における移住パラメータと、他のパラメータについての依存関係を調査し、最適な移住間隔の設定方法の提案を行う。

2 分散母集団 GA

分割母集団 GA では複数に分割された分割母集団において、それぞれ独自に解の探索が行われる。そして、移住と言う操作によって、分割母集団間で個体の交換が行われる。移住を行う間隔を移住間隔と呼び、分割母集団の大きさに対する、移住する個体の割合を移住率と呼ぶ。移住相手となる母集団及び、移住を行う個体の選択方法にはさまざまな方法が考えられるが、本研究では移住のたびにランダムに選択される方法を採用した。

3 数値実験によるパラメータの依存関係の調査

最適な移住方法を決定するため、移住パラメータと母集団数との依存関係を調査する実験を行った。適用問題としては式 2 に示す Rastrigin 関数 [5] の最小値探索を用いた。

$$f(x_1, \dots, x_n) = 10n + \sum_{i=1}^n [x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i)] \quad (1)$$

$$-5.12 < x_i \leq 5.12$$

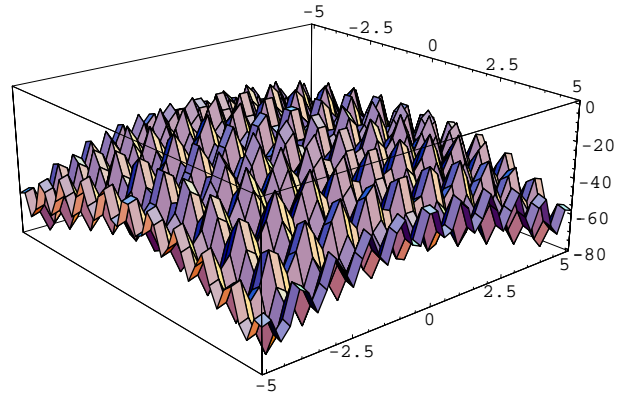


図 1: Rastrigin Function (Design Variable = 2)

この関数は設計変数の値が全て 0 の時に、最小値 0 を取り、その周辺に格子状に複数の順最適解を持つ。2 設計変数の場合における、Rastrigin 関数の形状を Fig.1 に示す。

4 Rastrigin 関数の GA への定式化

GA に定式化するにあたり、設計変数の数は 8 とした。GA は最大値を探索するアルゴリズムであるため、評価関数 F は $F = -f(x)$ の形を取ることにした。1 設計変数あたり 10 ビット、計 80 ビットで一つの個体を形成する。ビット列から実数値への変換にはグレイコードを用いた。

5 アルゴリズム及び、各種パラメータ設定

本研究では、母集団の分割数は 8 とした。終了条件は評価関数の値が -1.0×10^{-2} 以上になった場合とした。また、パラメータのうち交叉率、突然変位率はそれぞれ 0.6 と、 $1/L$ とした。ここで L は個体の遺伝子長を指す。これらの設定上で分割母集団内の個体数、移住間隔、移住率の 3 パラメータを変化させ、収束までの適合度の遷移について調査した。

表 1 に示した 64 通りのパラメータ設定について、初

表 1: Parameter Setting

Parameter	Value
Sub Population Size	10,50,100,200
Migration Rate	0.1, 0.3, 0.5
Migration Interval	1,5,10,50,100, ∞

期状態の異なる母集団について 12 試行を行い、その中から最良値と最悪値を除いた 10 試行について考察を行う。

6 移住間隔が解に与える影響

実験の結果、移住間隔が解に与える影響は大きく、移住率の変化が解に与える影響は相対的に小さかった。ここでは、移住率が 0.3 の場合において、移住間隔が解に与える影響について述べる。表 2 は異なる移住間隔、個体数ごとに、収束までに要した世代数を示してある。表中の「-」は 1000 世代を過ぎても、解が得られなかった場合があったことを表している。

表 2: Effect of Migration Interval

Migration Rate = 0.3	Migration Interval					
	1	5	10	50	100	∞
10	-	-	-	830	823	-
50	332	260	334	454	454	684
100	240	277	317	429	457	570
200	265	300	363	414	468	582

一定間隔において移住を行う場合には、移住間隔の設定は解への収束に大きな影響を与えることが判明した。分割母集団内に十分な個体が存在する場合には、移住間隔は短いほど最適解への収束は速く、個体数が少ない場合には移住間隔を広く設定しなければ解を得ることができなかった。またどの個体数においても、移住間隔を ∞ (移住無し) にした場合には、最も解への収束が悪かった。この結果より、移住間隔には最適値が存在するといえる。これは母集団の多様性によるものと考えられる。母集団を分割する事によって、母集団全体の多様性は保持される。しかしながら分割母集団内ごとの解探索能力は低下している。そのため、多様性は失いやすくなる。そこで移住を行い多様性を保持する必要がある。しかしながら頻りに移住を行うと、ある母集団の個体が急激に母集団全体に広がるため、移住によって多様性を失うことになる。そのため、適切な移住間隔を空ける必要があるといえる。

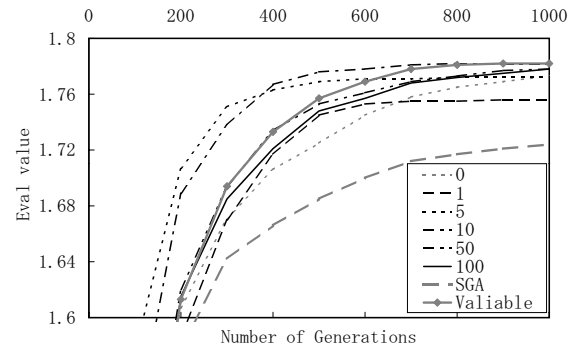


図 2: Effect of Migration Interval on the fitness history

7 移住間隔の最適化

GA の解探索の初期段階では、分離された母集団の独立性をある程度高め、早熟収束を回避する必要がある。一方、収束段階においては、最適解付近をくまなく探索する必要があり、分割母集団間で良好な解の交換が必要になってくる。これより移住間隔を早熟収束が起こらない間隔から、解探索の進行と共に減少させることによって、早熟収束を回避し、かつ、最適解への速い収束が可能になるものと考えられる。

8 設計変数間に依存関係のある問題への適用

設計変数間に依存関係が存在する問題では、早熟収束の回避が、依存関係が無い問題以上に重要になる。そのような問題の一例として、ここでは離散的構造物の総体積最小化問題を取り上げる。問題についての詳細な記述は??を参照されたい。Fig.2 は各母集団あたりの個体数を 40 個体にした状態で、GA を適用した結果である。1000 世代までに得られた最高適合度で解の品質を比較する。その他のパラメータ設定については、前述の Rastrigin 関数と同様のものを使用した。図中の Variable は 200 世代ごとに移住間隔を 100, 50, 10, 5, 1 と順に減少させる方法を取った結果である。この場合における最適な移住間隔は、10 世代であった。本研究で提案した手法においても、最適なパラメータ設定の解と同等の解が得られた。しかしながら、最適なパラメータは問題に依存し、あらかじめ設定することは困難である。これより今回提案した手法は、有効であると言える。

9 おわりに

分割母集団 GA における移住間隔に関して、得られた結論は以下のとおりである。

1. 一定間隔で移住を行う場合には最適な間隔が存在し、それは分割母集団の個体数に依存する。
2. 個体数が多い場合には、移住間隔は短く、少ない場合には、移住間隔は適度に長くする必要がある。
3. 移住間隔は解探索の初期段階においては広く、終盤に近づくにつれ減少させることにより、早熟収束を起さずに最適解を得ることができる。

参考文献

- [1] J.H.Holland: "Adaptation In Natural and Artificial Systems", University of Michigan Press, 1975.
- [2] Reiko Tanse : "Distributed Genetic Algorithms ", Proc. 3rd International Conference. Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann. pp434 ~ 439, 1989.
- [3] 三木, 畠中: "並列分散 GA による計算時間の短縮と解の高品質化", 第 3 回最適化シンポジウム講演論文集, pp59, 1998
- [4] 廣安, 金子, 畠中, 三木: "分散遺伝的アルゴリズムにおける遺伝子群の特異な進化", 第 11 回計算力学講演会講演論文集, 1998.
- [5] Whitley, D., Mathias, K., Rana, S. and Dzubera, J. : "Building Better Test Function", Proc 6th Int. Conf. on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann, pp.239-246, 1995